

# Kapitola: Výlet do histórie

Naše poznámky začneme výletom do histórie. Pozrieme sa najskôr na to, ako sa vyvíjali mechanické počítacie zariadenia, a následne na to, ako sa vyvíjali myšlienky a ciele ľudí v oblastiach, ktoré viedli k vzniku Teórie vypočítateľnosti v jej dnešnej podobe.

Väčšina materiálov v tejto kapitole pochádza z rôznych stránok na Wikipédii (<http://en.wikipedia.org/>) a z The History of Computing Project (<http://www.thocp.net/>).

## 1.1 História mechanických počítačiel

- 1494** Leonardo Da Vinci navrhuje asi prvé mechanické zariadenie, ktoré vie reprezentovať čísla v desiatkovej sústave pomocou ozubených prevodov v pomere 10 : 1.
- 1623** Wilhelm Schickard dokončuje prístroj nazývaný Speeding Clock alebo Calculating Clock, ktorý vie sčítovať a odčítovať 6-ciferné čísla.
- 1642** Blaise Pascal zostrojuje sčítačku Pascaline, ozubené kolieska realizujú prenosy cez desiatku, vie len sčítovať a odčítovať, často sa kazí.
- 1694** Gottfried Wilhelm Leibniz dokončuje Staffelwalze – prvú mechanickú kalkulačku, ktorá vie sčítať, odčítat, násobiť aj deliť.
- 1728** Jean Falcon navrhuje prvé zariadenie používajúce dierne štítky: tkáčsky stav. Vzory, ktoré tento stav tká, sú určené reťazou previazaných veľkých drevených diernych štítkov. Nejde vlastne o samočinný mechanizmus, obsluhovaný je ručne. Nikdy sa nedostane za štádium prototypu.
- 1778** Charles Stanhope predvádza svoj Stanhope Demonstrator – mechanický prístroj schopný riešiť jednoduché logické problémy.
- 1804/5** Joseph-Marie Jacquard spája dokopy pár predtým existujúcich nápadov, rieši všetky potrebné technické detaily a zostrojuje prvý skutočne programovateľný stroj. Opäť, ako u Falcona, ide o tkáčsky stav, len tentokrát už samočinný. Výberom správnych diernych štítkov sa dajú dosiahnuť skutočne rafinované vzory – ako extrémny príklad dá neskôr Charles Babbage utkať Jacquardov portrét pomocou asi 24 000 diernych štítkov.
- 1822** Charles Babbage začína prácu na Difference engine, mechanickom stroji na výrobu tabuliek polynómov.
- 1829** William Austin Burt patentuje prvý funkčný typografer – prvý mechanický písací stroj. Ten sa ešte ani zďaleka nepodobá dnešnému, napr. nemá klávesnicu v podobe v akej ju poznáme.
- 1837** Samuel Finley Breese Morse patentuje praktickú verziu telegrafu, vrátane známeho kódovania – morzeovky.
- 1837** Charles Babbage pri práci na Difference Engine prichádza na všeobecnejšie myšlienky, a v tomto roku prvýkrát popisuje Analytical engine. Ide o úplne prvý návrh univerzálneho počítača.
- Vstup má mať formu diernych štítkov, ako výstup majú slúžiť tlačiareň, plotter, dierovačka štítkov a zvonček. Počítač má vedieť spracúvať desatinné čísla vo fixed-point reprezentácii, mať pamäť (asi 20 kB) a aritmetickú jednotku. Na programovanie má slúžiť jazyk podobný assembleru – vrátane podmienok a cyklov. (Navrhovaný jazyk je Turingovsky úplný, aj keď tento pojem ešte neexistuje.)
- 1843** Ada King, Countess of Lovelace (dcéra známeho básnika Byrona) dokončuje preklad listu od talianskeho matematika Luigiho Menabreu. Ten jej v ňom posielal popis Babbageom navrhnutého Analytical Engine. K prekladu Ada pridáva viacero vlastných poznámok, vrátane programu ktorý by počítal Bernoulliho čísla. Tým sa Ada Lovelace stáva pravdepodobne vôbec prvým programátorom na svete.
- 1843** Per Georg Scheutz a jeho syn Edvard Scheutz po prečítaní Babbageovho popisu Difference Engine navrhujú a stavajú svoj vlastný stroj. Ide o prvý stroj, ktorý zvláda vypísať mechanicky vypočítané tabuľky hodnôt, konkrétne logaritmov.
- 1857** Sir Charles Wheatstone vynachádza dierne pásky.
- 1868** Prvýkrát je použitá QWERTY klávesnica na písacom stroji.

- 1889** Herman Hollerith zostrojuje elektromechanické zariadenie, ktoré vie triediť a sčítať. Jeho zariadenie je použité pri sčítaní ľudu v USA v roku 1890, výsledky sú spracované o celý rok skôr ako by boli ručne. Následne Hollerith zakladá spoločnosť, z ktorej sa o pár rokov po spojení s inými stane IBM.
- 1920** Jan Lukaszewicz navrhuje reverznú poľskú notáciu na zápis a vyhodnocovanie aritmetických výrazov bez použitia zátvoriek.
- 1928** Fritz Pleumer si patentuje magnetickú pásku.
- 1928** Začínajú sa používať 80-stĺpcové dierne štítky – typ, ktorý prežije až do okamihu, kedy sa dierne štítky prestanú masovo používať.
- 1938** Konrad Zuse dokončuje prvý funkčný programovateľný počítač Z1. Ide o mechanické zariadenie pracujúce s reálnymi číslami vo formáte s plávajúcou desatinnou čiarkou (znamienko, 16-bitová mantisa a 7-bitový exponent).
- 1939** John V. Atanasoff a Clifford Berry dokončujú prvý elektronický digitálny počítač ABC. Prototyp nie je voľne programovateľný, funguje len na vopred určené úlohy, ako napr. riešenie sústavy lineárnych rovníc (ktorých mohlo byť až do 29). Obsahuje ale všeobecné časti – napr. aritmeticko-logickú jednotku a prepisovateľnú pamäť.
- 1943** John von Neumann popularizuje už skôr známy návrh architektúry, ktorý bude neskôr známy ako von Neumannovská architektúra – program a dáta sa nachádzajú v tej istej pamäti, a teda je možné, aby program za behu menil samého seba. Možnosť začať vykonávať inštrukcie na rôznych miestach v pamäti umožnila využívanie podprogramov a knižníc. Prvé počítače s RAM a takouto architektúrou prichádzajú v roku 1947.

## 1.2 História vypočítateľnosti

- 1685** Barón Gottfried Wilhelm von Leibniz je (okrem mnohého iného) pravdepodobne prvým vedcom, ktorého môžeme smelo nazvať otcom vypočítateľnosti.

Jeho veľkým snom je previesť všetko uvažovanie do mechanickej, matematickej podoby. Pri jednej príležitosti uvádza: „*Jediný spôsob, ako napraviť naše úvahy, je spraviť ich natolko priezračnými ako úvahy matematika. Jedine tak budeme vedieť odhaliť chybu na prvý pohľad. A ak vznikne medzi ľuďmi nezhoda, môžeme povedať: Počítajme! (Calculemus!) A bez akýchkoľvek ďalších diskusií bude jasné, kto mal pravdu.*“

Leibniz definuje pojmy „characteristica universalis“ – univerzálny systém, ktorý vie popisovať matematické, vedecké a metafyzické koncepty – a „calculus ratiocinator“ – univerzálny systém výpočtov v tomto jazyku. V podstate ide o predzvesť matematickej logiky (tá vzniká až neskôr), ale Leibniz zároveň snívá o mechanickom zostrojení „machina ratiocinatrix“ – prístroja, ktorý by vykonával výpočty v jeho kalkule.

Nedostane sa už však k dostatočne praktickej realizácii – tým, že sa svojou characteristicou universalis snažil zachytiť celý svet, narazil na problémy, ktoré nedokáže prekonať. (Jeho spôsob je založený na tom, že jednoduchým konceptom sú priradené navzájom rôzne prvočísla a zložitejšie koncepty zostrojuje násobením.)

- 1847** George Boole zverejňuje dielo Mathematical Analyses of Logic a v ňom prelomové pozorovanie: mnohé logické problémy môžeme reprezentovať ako aritmetické operácie. Toto je prevratný objav – Boole vyvracia dovtedy bežne akceptovaný názor že logika je súčasťou filozofie. Logika sa vďaka nemu stáva súčasťou matematiky. George Boole pokračuje vo výskume a v roku 1854 formalizuje svoje výsledky v podobe boolovskej algebry.

- 1874** Georg Cantor dokazuje, že nie je nekonečno ako nekonečno – reálnych čísel je viac ako prirodzených. Jeho metóda dôkazu diagonalizáciou bude v budúcnosti ešte mnohokrát použitá v iných kontextoch.

Pre nás je veľmi dôležitý jednoduchý dôsledok: všetkých problémov (jazykov) je nespočítateľne veľa, no všetkých programov (konečných popisov výpočtu) je len spočítateľne veľa.

(Ešte stále sa dá namietť, že „tých zaujímavých“, teda konečne popísateľných, problémov je len spočítateľne veľa. Ešte si musíme aspoň pol storočia počkať, kým sa zistí, ako je to s nimi.)

- 1879** Gottlob Frege vydáva Begriffsschrift. Jeho snahou je ukázať, že všetka matematika vychádza z logiky. Formálne definuje koncepty ako funkcia, premenná, ako prvý používa kvantifikátory. V ďalších publikáciách na svojom logickom systéme (v princípe ide o predikátovú logiku) stavia aritmetiku.
- Keď v 1903 ide do tlače druhý diel Fregeho Grundgesetze der Arithmetik, dostáva Frege list od Russella, v ktorom mu ten ukazuje, že na základe jednej z Fregeho prvých axiém sa v jeho teórii dá odvodiť Russellov „paradox holiča“ – a teda je sporná. Frege sa následne pokúša svoju teóriu opraviť, no do konca života sa mu to nepodariť.
- 1886** Charles Pierce si uvedomuje súvislosť medzi Boolovskou algebrou a obvodmi s hradlami. Táto myšlienka však následne na pár desaťročí upadá do zabudnutia.
- 1900** David Hilbert na medzinárodnom kongrese prezentuje zoznam 23 „problémov pre 20. storočie“.
- Vypočítateľnosti sa týkajú nasledovné:
- #2 Prove that the axioms of arithmetic are consistent.
  - #10 Find an algorithm to determine whether a given polynomial Diophantine equation with integer coefficients has an integer solution.
- 1912** Bertrand Russell a Alfred North Whitehead vydávajú trojzväzkové dielo Principia Mathematica. V snahe zabrániť problémom, ktoré našiel u Fregeho, pristupuje Russell k návrhu veľmi opatrne – každý objekt, ktorý sa dá v jeho formalizme zostrojiť, má jednoznačne priradený typ a vďaka nim sa zabráni vzniku všetkých dovtedy známych paradoxov.
- Russellov systém vyzerá dobre – je ale naozaj bezosporný? A nie je príliš obmedzený, dá sa v ňom dokázať všetko?
- 1920** David Hilbert prezentuje (vo svetle problémov, na ktoré poukázali Russell aj iní) svoj program na „ozdravenie matematiky“:
- Formalizácia matematiky: Všetky matematické tvrdenia by mali byť formulované v presne danom formálnom jazyku. Manipulovať sa s nimi smie len podľa dobre definovaných pravidiel.
  - Úplnosť: Je potrebné dokázať, že v tomto formálnom systéme sa každé pravdivé tvrdenie dá dokázať.
  - Korektnosť: Je potrebné dokázať, že tento formálny systém neobsahuje spor, t. j. že sa nedá dokázať žiadne nepravdivé tvrdenie. Dôkaz Korektnosti by pokiaľ možno mal používať len „finitné“ úvahy o konečných matematických objektoch.
  - Konzervativizmus: Je potrebné dokázať, že každý výsledok o „reálnych objektoch“, ktorý sa dá dokázať pomocou „ideálnych objektov“ (napr. nespočítateľné množiny či komplexné čísla) sa dá dokázať aj bez nich.
  - Rozhodnuteľnosť: Mal by existovať algoritmus, ktorý nám umožní o akomkoľvek matematickom tvrdení rozhodnúť, či je pravdivé.
- 1922** Abraham Fraenkel a Thoralf Skolem nezávisle na sebe navrhujú úpravu v Zermelovej teórii množín (z roku 1908), čím v podstate – až na drobnú úpravu v roku 1930 – vzniká dodnes bežne používaná formalizácia teórie množín, v súčasnosti známa ako Zermelova-Fraenkelova teória množín (ZF).
- 1931** Kurt Gödel šokuje matematický svet publikáciou svojich dvoch viet o neúplnosti. Prvá z nich hovorí, že v každom dostatočne silnom formálnom systéme existujú tvrdenia, ktoré sú síce intuitívne pravdivé, ale nedokázateľné. Druhé, že aj samotná konzistencia formálneho systému je v rámci neho nedokázateľná (samozrejme, ak je naozaj konzistentný).
- 1935** Alan Turing formálne definuje Turingov stroj ako formálny model vypočítateľnosti a v 1936 pomocou týchto strojov dokazuje algoritmickú neriešiteľnosť niektorých konečne popísateľných problémov, vrátane rozhodovania pravdivosti matematických tvrdení. V tom istom roku sa k rovnakému výsledku nezávisle na ňom dostáva aj Alonso Church.
- 1936** Alfred Tarski publikuje svoju vetu o nedefinovateľnosti pravdy – v rámci aritmetiky prvého rádu sa nedá definovať formula, ktorá vráti 1 práve pre kódy pravdivých tvrdení.
- 1937** Claude E. Shannon odovzdáva svoju diplomovú prácu o strojovej logike, v ktorej ukazuje, že logické obvody fungujú na rovnakom princípe ako boolovská algebra.